

51

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Int. Cl.:

B 22 d, 11/02

B 22 d, 11/01

DEUTSCHES



PATENTAMT

52

Deutsche Kl.:

31 b2, 11/02

10

11

21

22

43

# Offenlegungsschrift 2 412 149

Aktenzeichen: P 24 12 149.1-24

Anmeldetag: 14. März 1974

Offenlegungstag: 17. Oktober 1974

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum:

6. April 1973

33

Land:

V. St. v. Amerika

31

Aktenzeichen:

348689

54

Bezeichnung:

Verfahren zur Herstellung von festem, fadenförmigem Material direkt aus der Schmelze

61

Zusatz zu:

—

62

Ausscheidung aus:

—

71

Anmelder:

Battelle Development Corp., Columbus, Ohio (V.St.A.)

Vertreter gem. § 16 PatG: Rupprecht, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 6000 Frankfurt

72

Als Erfinder benannt:

Maringer, Robert Edward, Worthington;  
Moble, Carroll Edward, Columbus; Ohio (V.St.A.)

Prüfungsantrag gemäß § 28 b PatG ist gestellt

DT 2 412 149

2412149

BATTELLE DEVELOPMENT CORPORATION  
COLUMBUS/OHIO (V.St.A.)

=====

Verfahren zur Herstellung von festem, faden-  
förmigem Material direkt aus der Schmelze

=====

Die vorliegende Erfindung bezieht sich ganz allgemein auf das technische Gebiet der Herstellung von festen, fadenförmigen Erzeugnissen durch Bewegung einer kontinuierlichen Abschreckfläche, die mit einem Bad von schmelzflüssigem Material in Berührung steht. Die Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren zur Herstellung eines solchen fadenförmigen Materials durch in Berührung Bringen der Oberfläche der Schmelze mit einem über den Umkreis laufenden Vorsprung bzw. mit einer peripheren Vorwölbung, die Bestandteil eines rotierenden, wärmeableitenden Bauteils ist.

409842/0717

In der DT-OS 2 225 684 wird ein Verfahren zur Herstellung von fadenförmigem, festem Material direkt aus einem Bad mit schmelzflüssigem Material offenbart. Mit Hilfe eines rotierenden, wärmeableitenden Bauteils, das zumindest eine Vorwölbung an seiner Peripherie besitzt, wird eine begrenzte, langgestreckte Fläche - nämlich ein Teil dieser Vorwölbung - in die Oberfläche der Schmelze eingeführt und ein an der Wölbung anhaftender Faden verfestigt. Ferner führt die Rotation des Bauteils zu einem spontanen Ablösen des Fadens von dem formgebenden Bauteil, während bei der Rotation die Vorwölbung wieder in die Schmelze geführt wird. Die Ausführung dieses Verfahrens ist mit mindestens drei Schwierigkeiten verbunden, die durch die vorliegende Erfindung gelöst werden.

Die erste Schwierigkeit besteht darin, daß die Rotation des wärmeableitenden Bauteils eine Strömung der das Bauteil umgebenden Atmosphäre verursacht. An der äußeren Fläche der rotierenden Scheibe, wo die Verfestigung des Fadens stattfindet, wird das Bauteil am schnellsten bewegt (mindestens mit einer Geschwindigkeit über 0,9 m/sec); diese Fläche kann eine Schicht der Umgebungsluft in die Schmelzenoberfläche mitreisen, wodurch die formgebende Fläche von der Schmelze getrennt wird. Außer dem

Hervorrufen der Störströmung, die durch die Trennung verursacht wird, ist von Nachteil, daß die Atmosphäre im allgemeinen ein Oxydationsmittel gegenüber der Schmelze darstellt sowie daß die Strömung eines solchen oxydierenden Gases in die Schmelze zur Reaktion des Gases mit der formgebenden Fläche und Einbringung von Oxyden an der kritischen Stelle führen kann. Erfindungsgemäß wird durch Einleiten eines Stromes von nichtoxydierendem Gas in den Bereich zwischen dem schmelzflüssigen Material und dem rotierenden Bauteil an der Eintrittsstelle des Bauteils in die Schmelzenoberfläche das bekannte Verfahren entscheidend verbessert, weil die Gaseinleitung derartig ausgeführt werden kann, daß die anhaftende Schicht von oxydierendem Gas zerstört und durch nichtoxydierendes Gas ersetzt wird. Ein in das schmelzflüssige Material eingeleitetes, nichtoxydierendes Gas verhindert eine Oxydbildung am Ort der beginnenden Fadenverfestigung.

Zweitens vermag die geregelte Einleitung eines nichtoxydierenden Gases eine Barriere zu schaffen, die verhindert, daß sich einzelne feste Materialteilchen auf der Oberfläche der Schmelze dort ansammeln, wo das rotierende Bauteil solche Verunreinigungen in die Schmelze und an den Ort ziehen könnte, an dem die

Fadenverfestigung beginnt. Die schwimmfähigen Festkörper können in Form von Oxyden des schmelzflüssigen Materials vorliegen, oder sie können aus einem in die Oberfläche zur Vermeidung von Oxydation an der Schmelzenoberfläche eingeleiteten Zuschlagstoff bestehen.

Schließlich wird durch das Ausschalten von oxydierendem Gas und von Verunreinigungs-Partikeln an der Stelle, an der das rotierende Bauteil in die Schmelze eintritt, die Stabilität des Ablösungspunktes der festen Fäden von dem rotierenden Bauteil erhöht und außerdem die spontane Fadenablösung gefördert.

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß die vorliegende Erfindung eine Verbesserung des bekannten Verfahrens beinhaltet, bei dem mit einem rotierenden, wärmeableitenden Bauteil, das zumindest eine periphere Vorwölbung besitzt, fadenförmiges Material durch Berühren der Schmelzenoberfläche mit dieser Vorwölbung ausgebildet wird, so daß ein fadenförmiges Erzeugnis auf dem peripheren Vorsprung verfestigt und spontan abgelöst wird. Die Erfindung umfaßt die Einleitung und Hinführung eines nicht-oxydierenden Gases zu der Stelle, an der das rotierende Bauteil in die Schmelzenoberfläche eintritt. Nach einer bevor-

zugten Ausführungsart der Erfindung ist außerdem eine Poliereinrichtung vorhanden, die auf die am Umkreis angeordnete Vorwölbung des rotierenden Bauteils einwirkt, wodurch die Ablösung des an diesem Bauteil gebildeten Fadens weiter verbessert wird.

Weitere Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung gehen aus der folgenden Darstellung und aus den beigegeführten Abbildungen von Ausführungsbeispielen der Erfindung hervor.

Es zeigt

Figur 1 in vergrößerter Darstellung eine Querschnittsdarstellung der Stelle, an der das Gas eingeleitet wird,

Figur 2 im Querschnitt eine bevorzugte Ausführungsart der Vorwölbung auf dem rotierenden Bauteil in einer Ausführungsart nach dem Stand der Technik,

Figur 3 eine Gesamtansicht einer die Erfindung verkörpernden Anordnung bei Verwendung in Verbindung mit einer einzigen peripheren Vorwölbung und mit örtlich begrenzter Einleitung von nichtoxydierendem Gas.

**Figur 4** eine Gesamtansicht einer die Erfindung verkörpernden Ausführungsart, bei der das rotierende Bauteil teilweise umschlossen ist, um die Einleitung von Gas zu der Oberfläche des schmelzflüssigen Materials zu erleichtern,

**Figur 5** eine Gesamtansicht einer Ausführungsart der Erfindung, bei der die Einrichtung zum Schutz des schmelzflüssigen Materials vor oxydierendem Gas aus einem Festkörper besteht, der vorzugsweise Sauerstoff von dem System abführt und der außerdem einen Schutz oder eine Abschirmung für das schmelzflüssige Material darstellt, und

**Figur 6** eine Aufsicht auf eine Ausführungsart der Erfindung, bei der ein diskontinuierlicher Faden hergestellt wird, und zwar unter Verwendung eines Rades zum Polieren der peripheren Vorwölbung oder Kante des rotierenden Bauteils.

**Figur 1** erläutert eine Variante der Lehre nach der DT-OS 2 225 684, nach der ein rotierendes, wärmeableitendes Bauteil 30 mit zumindest einer peripheren Vorwölbung bzw. einem Vorsprung 31 am Umfang mit der Oberfläche 11 eines Bades aus schmelzflüssigem Material 10 in Berührung gebracht wird. Eine schmale Kante 32

der Vorwölbung 31 gerät dabei mit der Schmelzenoberfläche 11 in Berührung. Das Bauteil 30 kann in relativ hohe Rotationsgeschwindigkeiten versetzt werden, um ein fadenförmiges Erzeugnis 20 auszubilden. Nach vorliegender Erfindung wird bei einer Anordnung nach der vorgenannten DT-OS eine Quelle mit nichtoxydierendem Gas in einer derartigen Weise hinzugefügt, daß der Gasstrom hauptsächlich auf die Stelle 51 gerichtet ist, an der die Kante 32 in die Schmelzenoberfläche 11 eintritt. Durch die Einleitung von nichtoxydierendem Gas zu dieser Stelle wird erfindungsgemäß die Arbeitsweise nach dem Stand der Technik entscheidend verbessert.

Der Stand der Technik, auf den die vorliegende Erfindung aufbaut, arbeitet im wesentlichen nach der Lehre in der zuvor genannten Offenlegungsschrift. Das schmelzflüssige Material ist nach einer bevorzugten Ausführungsart der vorliegenden Erfindung ein schmelzflüssiges Metall, weil ein solches Material bei einer Temperatur über seinem Schmelzpunkt unter Gleichgewichtsbedingungen normalerweise gegen Oxydation an der Umgebungsluft empfindlich ist. Obgleich die Vorteile, die sich bei einem solchen Verfahren unter Verwendung von schmelzflüssigen Nichtmetallen



ergeben, nicht so drastisch sein mögen wie bei der Verwendung von Metallen, so ist die vorliegende Erfindung dennoch auf jedes schmelzflüssige Material anwendbar, das in Nähe der Schmelztemperatur, d.h. innerhalb einer Abweichung von maximal 25% von der in  $^{\circ}\text{K}$  gemessenen, unter Gleichgewichtsbedingungen gültigen Schmelztemperatur, die folgenden Eigenschaften aufweist: Oberflächenspannung im Bereich zwischen 10 und 2500 dyn/cm; Viskosität im Bereich von  $10^{-3}$  bis 1 Poise; angemessener diskreter Schmelzpunkt (d.h. eine diskontinuierliche Viskosität gegenüber der Temperaturkurve).

Das scheibenähnliche, wärmeableitende Bauteil nach einer bevorzugten Ausführungsart der Erfindung, wie es in Figur 2 dargestellt ist, besitzt einen Krümmungsradius (r) in einer Ebene parallel zu der Rotationsachse an der Kante 32 zwischen 0,0125 mm und 2,5 mm (zwischen 0,0005 und 0,1 Zoll) und vorzugsweise einen Durchmesser zwischen 10 cm und 75 cm (zwischen 4 und 30 Zoll). Die bevorzugte Rotationsgeschwindigkeit des Bauteils 30 ergibt eine lineare Geschwindigkeit an dem Kreisumfang 32 über 0,9 m/sec (3 Fuß/sec). Die Kante 32 ist in diesem Fall mit der Fläche 11 in Berührung und besitzt eine Eintauchtiefe in die Oberfläche nicht über 1,5 mm (0,06 Zoll). Das Bauteil 30 oder der Abschnitt

dieses Bauteils, der die Kante 32 umfaßt, braucht nicht aus einem besonderen Material zu bestehen, aber es muß die Fähigkeit besitzen, Wärme von der Kante 32 in das Bauteil 30 zu leiten, um die Verfestigung an der Kante 32 einzuleiten und damit den Faden 20' auszubilden. Als Faden 20' wird der feste Teil des endgültigen Fadens 20 bezeichnet, der entsteht, während die angrenzende Kante 32 sich noch unter der Gleichgewichtsfläche 11 der Schmelze 10 befindet.

Der Kern der vorliegenden Erfindung liegt in der Verbesserung bei der Bildung und Ablösung des Fadens 20; diese Verbesserung wird durch Ausschalten verschiedener nachteiliger Effekte erreicht und zwar durch Einführung eines nichtoxydierenden Gases in den Bereich 12 der Schmelzenoberfläche 11. Das Gas 41 ist zunächst so angeordnet und ausgerichtet, daß es ein in einzelnen Partikeln vorhandenes, an der Oberfläche 11 schwimmendes Material von dem Eintrittspunkt 51 weglenkt. Die Figuren 1, 3 und 4 zeigen auf der Oberfläche 11 eine in dem Bereich 12 durch die Wirkung des Gases 41 unterbrochene Schicht aus einzelnen Partikeln von Zuschlagstoffen 15; diese schwimmende Schicht kann jedoch auch aus dem Oxyd des schmelzflüssigen Ausgangsmaterials

bestehen. Der Gasfluß muß nicht eine derartige Richtung aufweisen, daß er den Zuschlagstoff 15 oder eine oxydische Verunreinigung vollständig von der Stelle 51 wegbefördert, sondern es genügt, das schwimmende Material in Bewegung zu halten, so daß nicht eine Menge an der Stelle 51 angesammelt und durch die Bewegung der Kante 32 in die Schmelze hineingezogen werden kann.

Das Gas 41 braucht keine besonderen chemischen Eigenschaften zu besitzen, um diese Aufgabe zu erfüllen, jedoch wird das Verfahren weiterhin verbessert, wenn die Oxydation der Schmelzenfläche 11 in dem Bereich 12, wo der schützende Zuschlagstoff 15 nicht vorhanden ist, auf ein Minimum reduziert wird. Dies wird durch Wahl einer Gaszusammensetzung erreicht, die entweder im wesentlichen inert ist (wie beispielsweise Stickstoff oder Argon) oder durch Verwendung eines Gases, das gegenüber dem schmelzflüssigen Material als Reduktionsmittel dient, oder zumindest durch Einsatz eines Gases, das das schmelzflüssige Material nicht oxydiert. Ein solches Gas wird hier als nicht-oxydierendes Gas bezeichnet, und der Fachmann benötigt keine weiteren Angaben über die Zusammensetzung eines solchen Gases, weil die relativen Oxydationseigenschaften von schmelzflüssigen Materialien und Gasen wohlbekannt sind. Ein besonderer Erfolg

hat sich bei Versuchen mit schmelzflüssigen Metallen unter Verwendung folgender Gase eingestellt: Acetylen, Naturgas, Argon, Stickstoff, Methan, von gekracktem Amoniakgas und aufbereitetem Gas (eine Mischung von etwa 20 Volumenprozent  $H_2$  und 80 Volumenprozent  $N_2$ ). Es ist jedoch einzusehen, daß das Gas nur nichtoxydierend in dem Bereich 12 zu sein braucht, also dort, wo die Kante 32 in die Schmelzenoberfläche 11 eintritt, daher kann das angelieferte Gas aus einem reduzierenden Gas bestehen, aber die Verbrennung eines reduzierenden Gases in der Atmosphäre führt ebenfalls zu reduzierenden oder inerten Verbrennungsprodukten an der Stelle 12, die die Aufgabe gemäß der Erfindung erfüllen würden. Reduzierende Gase besitzen einen Vorteil gegenüber verhältnismäßig inerten Gasen, der darin liegt, daß sie nicht nur einfach den Sauerstoff in der Umgebung des Verfahrens ersetzen, sondern daß sie durch Verbrennung zum tatsächlichen Aufnehmen und Verbrauchen von Sauerstoff gebracht werden können, so daß sich nichtoxydierende Verbrennungsprodukte an der kritischen Stelle bei der Durchführung des Verfahrens ergeben. Die Verbrennungsprodukte können Feststoffe enthalten; das Verfahren führt bei Verwendung von Acetylen zu einzelnen ~~vorliegenden~~ Kohlenstoffteilchen innerhalb des nichtoxydierenden Gases und zu außerordentlich guten Ergebnissen.

Das Gas 41 wirkt ferner in einer anderen Weise, die für das Verfahren vorteilhaft ist. Wegen der hohen Rotationsgeschwindigkeiten des wärmeableitenden Bauteils wird in der Nähe der Kante 32 durch die Strömungswirkung eine Gasschicht, die Umgebungsluft enthält, beschleunigt. Wird das Verfahren mit hohen Geschwindigkeiten ausgeführt, kann dadurch an der Kante 32 oxydierendes Gas aus der Umgebung in die Schmelze eingeblasen oder injiziert werden. Die örtlich begrenzte Oxydation der Schmelze ist für das Verfahren schädlich, jedoch beruht eine zusätzliche Schwierigkeit auf der Tatsache, daß das eingeführte Gas die Kante 32 von der Schmelze 10 trennt, so daß kurzzeitig die Bildung des Fadens 20' gestört wird. Wird die Kante 32 einer Strömung aus nichtoxydierendem Gas ausgesetzt, kann die Schicht aus oxydierendem Gas zumindest teilweise entfernt und dadurch das Ausmaß der Oxydation an der Stelle der Fadenbildung verringert werden.

Figur 3 erläutert eine Ausführungsart der Erfindung, bei der man das nichtoxydierende Gas in den Bereich 12 auftreffen läßt, also dort, wo das rotierende Bauteil 30 in die Schmelzenoberfläche 11 eintritt; dies wird durch die Verwendung einer düsenähnlichen, rohrförmigen Gasleitung erreicht, die mit einer Quelle 40 für das Gas 41 verbunden ist.

Figur 4 zeigt eine Ausführungsart der Erfindung, bei der ein Abschnitt des Bauteils 30 teilweise durch das Teil 45 umgeben ist. Nichtoxydierendes Gas wird in diese Umhüllung 45 aus der Gaszulieferung 40 in derartiger Weise eingeleitet, daß ein Gasfluß in Richtung auf den Bereich 12 und die Stelle 51 hervorgerufen wird. Diese Ausführungsart beeinflußt das Verfahren in mancher Beziehung in der gleichen Weise wie die örtliche Einführung von Gas bei Verwendung einer Düse, weil dort eine gute Möglichkeit für das nichtoxydierende Gas besteht, von dem rotierenden Bauteil an der formgebenden Kante 32 durch die Wirkung des Strömungswiderstandes an dieser Kante mitgerissen zu werden. Die Kante 32 besitzt während der Rotation eine verhältnismäßig lange Verweilzeit in der nichtoxydierenden Atmosphäre, weshalb sie bei Eintritt in die Oberfläche des schmelzflüssigen Materials im wesentlichen frei von Sauerstoff ist.

Figur 5 zeigt eine Vorrichtung, die dazu vorgesehen ist, die Einführung von oxydierendem Gas in denjenigen Bereich 12 zu verhindern, in dem die Kante 32 in die Oberfläche des schmelzflüssigen Materials an der Stelle 51 eintritt. Das rotierende, wärmeableitende Bauteil 30 ist in Bezug auf das Bad mit schmelzflüssigem Material 10 in der gleichen Weise angeordnet wie in den anderen Ausführungsarten der Erfindung. Jedoch ist in diesem

- 14 -

Ausführungsbeispiel eine feste Abdeckung 22 über der Schmelze angeordnet, um den Zutritt von Gas aus der Umgebung in die Schmelzenoberfläche 11 zu verwehren. Die erfinderische Idee dieser Ausführungsart liegt in der Auswahl eines Materials für die Abdeckung 22, das, wenn es erhitzt wird, den Sauerstoff in der Atmosphäre im Bereich der Abdeckung absorbiert oder mit diesem Sauerstoff reagiert, so daß dann das Gas in dem Bereich zwischen der Schmelzenoberfläche 11 und der Abdeckung 22 ein nichtoxydierendes Gas enthalten wird. Besonderer Erfolg wurde bei Verwendung einer Abdeckung aus festem Kohlenstoff oder aus Graphit festgestellt, wobei die von der Schmelzenoberfläche abgestrahlte Wärme zur Temperaturerhöhung der Abdeckung bis zu einem solchen Wert ausgenutzt wurde, bei dem Luft bei Berührung mit der Abdeckung infolge der Reaktion des vorhandenen Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff und Bildung von Kohlenstoffmonoxyd oder Kohlenstoffdioxid oder einer Mischung von beiden, bei der der Rest im wesentlichen nichtoxydierendes Stickstoffgas war, in ein nichtoxydierendes Gas umgewandelt wurde. Bei einer bevorzugten Ausführungsart der Erfindung war das Gas, das mit der Abdeckung 22 in Kontakt kam, gegenüber der Abdeckung bei der erhöhten Arbeitstemperatur im wesentlichen inert. Sowohl bei der vorgenannten Verwendung des Wortes inert und auch an den übrigen Stellen in dieser Offenbarung, an denen das Gas als im wesentlichen inert beschrieben

409842/0717

wurde, ist nicht unbedingt ein als chemisch inertes Gas klassifiziertes Gas, wie beispielsweise Argon, Helium oder Kryton, gemeint. Um ein im wesentlichen inertes Gas im Sinne dieser Offenbarung handelt es sich nämlich dann, wenn es nicht mit einer merklichen Geschwindigkeit mit einer der Komponenten des verwendeten Systems reagiert. Stickstoff ist im wesentlichen inert im Bezug auf manche schmelzflüssige Metalle und fällt daher in der Beschreibung unter die Klasse der im wesentlichen inerten Gase.

Graphit besitzt den zusätzlichen Vorteil, daß es mit einem Induktions-Heizsystem, das zur Aufheizung der Schmelze verwendet wird, gekoppelt werden kann, so daß seine Aufheizung nicht vollständig von der Abstrahlung der Schmelzenoberfläche abhängig ist. Außerdem ist Graphit leicht abschleifbar; es kann daher eine Abdeckung mit dichter Passung hergestellt werden, indem das rotierende Teil 30 zum Abschleifen der endgültigen Passung bzw. der Öffnung, in der das Bauteil 30 rotiert, verwendet wird. Natürlich muß in der Abdeckung 30 Vorsorge getroffen werden, um den Austritt des noch an der Kante 32 anhaftenden Fadens 20 aus der Abdeckung zu ermöglichen.

Die Ausführungsart nach Figur 5 kann mit der Ausführungsart nach



Figur 4 durch einfaches Hinzufügen der Umhüllung 45 auf das rotierende Bauteil und Anpassen der Umhüllung an die Abdeckung 22 kombiniert werden. In gleicher Weise könnte das Ausführungsbeispiel nach Figur 5 mit dem nach Figur 3 bei Verwendung einer an bestimmter Stelle angeordneten Quelle mit nichtoxydierendem Gas kombiniert werden. Obgleich das nichtoxydierende Gas örtlich begrenzt entweder über oder unter der Abdeckung 22 eingeführt werden könnte, besteht eine bevorzugte Ausführungsart der vorliegenden Erfindung darin, das nichtoxydierende Gas in den Bereich 16 zwischen der Abdeckung 22 und der Oberfläche 11 des schmelzflüssigen Materials 10 einzuleiten.

Sowohl mit der Ausführungsart der Erfindung, bei der eine Sauerstoff-"aufnehmende"-Abdeckung verwendet wird, als auch bei den anderen Ausführungsarten, bei denen lediglich eine Quelle mit nichtoxydierendem Gas verwendet und mit dem schmelzflüssigen Material in Berührung gebracht wird, ist zu beachten, daß gewisse Kombinationen aus Gas, Verbrennungsprodukten, schmelzflüssigen Materialien und Gas-"aufnehmenden"-Körpern gefährlich sein können. Der Fachmann, der mit oxydationsempfindlichen schmelzflüssigen Materialien arbeitet, sollte in ausreichendem Maße mit der möglichen Gefahr von Mischungen der vorgenannten

Komponenten vertraut sein, ohne daß es hier einer besonderen Lehre bzw. Erläuterung über das Verhalten aller Kombinationen von Gasen, Temperaturen, Füllkörper und schmelzflüssigen Materialien bedarf, die beim Betrieb nach vorliegender Erfindung sicher sein würden. Die folgenden speziellen Beispiele werden es dem Fachmann auf diesem Gebiet ermöglichen, das Zusammenwirken der verschiedenen Materialkomponenten nach der Erfindung zu verstehen, ohne daß alle bekannten einsetzbaren Materialkombinationen angegeben werden müßten.

Die vorliegende Erfindung beeinflusst in vorteilhafter Weise die spontane Ablösung des Fadens allein durch Einleiten eines nichtoxydierenden Gases an der Stelle, an der das wärmeableitende Bauteil in die Oberfläche der Schmelze eintritt. Darüber hinaus läßt sich jedoch die Ablösung von diskontinuierlichen Fäden durch Polieren der peripheren Kante der Scheibe im Anschluß an die Ablösung des Fadens weiter verbessern. Das Polieren der Kante in Verbindung mit der Einführung von nichtoxydierendem Gas führt zu einer starken Verbesserung der Stabilität der spontanen Fadenablösung von der Kante auf dem Umfang des wärmeableitenden Bauteils. Im Rahmen dieser Erfindung bedeutet der Ausdruck "Polieren" ein sanftes, mäßiges Abreiben, das durch eine Relativbewegung zwischen der Kante und einem anderen festen

Material herbeigeführt wird. Wenn des weiteren das Polieren derart durchgeführt wird, daß auch die inneren Oberflächen der zur Erzeugung von diskontinuierlichen Fäden vorhandenen Einkerbungen in dem rotierenden Bauteil berührt werden, wird das Eintreten der spontanen Ablösung noch weiter verbessert. Nach einer bevorzugten Ausführungsart der Erfindung erfolgt die Polierbewegung (Pfeil 61) nicht in einer parallelen Richtung, sondern schräg zu der Bewegungsrichtung 37 der am Kreisumfang angeordneten Vorwölbung auf dem rotierenden, wärmeableitenden Bauteil 30. Eine Anordnung mit einem rotierenden Rad, wie es in Figur 6 dargestellt ist, bei der die Rotationsachse des Polierrades 60 schräg zu dem rotierenden, wärmeableitenden Bauteil verläuft, ist eine Ausführungsart eines solchen Systems. Für Metalle, die im wesentlichen aus Eisen bestehen, wird der Prozentsatz an diskontinuierlichen Fäden, die spontan abgelöst werden, weiter erhöht, wenn die Temperatur des schmelzflüssigen Materials weniger als  $222^{\circ}\text{C}$  ( $400^{\circ}\text{F}$ ) über dem Schmelzpunkt des schmelzflüssigen Eisens unter Gleichgewichtsbedingungen liegt.

#### Beispiel 1

Naturgas mit einer Fließgeschwindigkeit von  $0,0142 \text{ m}^3/\text{min}$  (0,5 cfm) wurde durch eine Düse mit einem Durchmesser von 6,3 mm (1/4 Zoll) zu der Eintrittsstelle einer Scheibe in die Oberfläche

des schmelzflüssigen Materials gerichtet. Das Material bestand im wesentlichen aus AISI 1330 Legierungsstahl (0,3 Gew.-% C; 1,2 bis 2,2% Mn; 0,1 bis 0,7% Si), wobei die Temperatur des schmelzflüssigen Stahles zwischen 1616°C und 1638°C lag. Das wärmeableitende Bauteil wurde mit Wasser gekühlt und bestand aus einer Kupferscheibe mit einer einzigen V-förmigen, peripheren Vorwölbung, die mit der Oberfläche des schmelzflüssigen Stahls in Berührung gebracht wurde. Die Scheibe besaß einen Durchmesser von 20,8 cm (8 Zoll), war 1,27 cm (1/2 Zoll) dick, und die Schenkel des V's waren zueinander im Winkel von 90° angeordnet (Winkel 0 in Figur 2). Auf der umlaufenden Kante oder Vorwölbung auf der Scheibe waren Einkerbungen angeordnet, um Fäden einer Länge entsprechend dem Abstand zwischen den Einkerbungen zu erzeugen. Die Scheibe lief mit 250 bis 270 Upm um. Es entstanden Stahlfäden mit einer Länge von 2,54 cm (1 Zoll) und einem effektiven Durchmesser von etwa 0,508 mm (0,020 Zoll) in kontinuierlicher Weise während <sup>3</sup> Stunden. Während des Herstellungsvorganges wurde, wie in allen Beispielen, das Auftreten von an der Scheibenkante klebenden Fasern nach jeder Unterbrechung des Gasflusses dorthin, wo die Scheibenkante in die Schmelzenoberfläche eintrat, beträchtlich erhöht.

Beispiel 2

Acetylen wurde durch eine herkömmliche Schweißdüse (Spitze Nr. 3, US-Typ) auf die Stelle gerichtet, an der die Scheibe in die Schmelzenoberfläche eintrat. Die Schmelze bestand aus Stahl, der nominalen Zusammensetzung SAE 1024 bei einer Temperatur von etwa  $1593^{\circ}\text{C}$  ( $2900^{\circ}\text{F}$ ). Der gleiche Scheibentyp wie in Beispiel 1 wurde verwendet und mit etwa 260 Upm in Drehung versetzt. Hergestellt wurden 25,4 mm lange Fasern in kontinuierlicher Weise ohne wesentliche Faseranhaftung an der Scheibe über einen Zeitraum von 20 Minuten.

Beispiel 3

Naturgas wurde in eine Teil-Umhüllung ähnlich der in Figur 4 mit einer Fließgeschwindigkeit von etwa  $0,0283 \text{ m}^3/\text{min}$  (1 cfm) eingeleitet, wobei die Bedeckung durch die Umhüllung etwa 1/3 des gesamten Umfangs der Scheibe ausmachte. Das schmelzflüssige Material war Stahl des Typs SAE 1034 (mit einer Zusammensetzung von 0,35 Gew.-% C; 0,49 bis 0,52% Mn; 0,28 bis 0,37% Si) mit einer Temperatur von etwa  $1540^{\circ}\text{C}$  ( $2800^{\circ}\text{F}$ ). Das rotierende, wärmeableitende Bauteil wurde mit Wasser gekühlt und bestand aus einer Kupferscheibe mit einer Dicke von 38,1 mm (1,5 Zoll), einen Durchmesser von 20,8 cm (8 Zoll) und mit sechs V-förmigen

peripheren Vorwölbungen (4 pro Zoll) mit Neigungswinkeln  $\theta$  der Schenkel von  $90^\circ$ . Jede der sechs Kanten besaß Einkerbungen, um 25,4 mm (1 Zoll) lange Fasern zu erzeugen. Die Scheibe rotierte mit 210 Upm, und das Einleiten von Gas in die Umhüllung ergab ein nichtoxydierendes Gas an den Stellen, an denen die sechs Kanten in die Schmelzenoberfläche eintraten, und führte zu einer bedeutenden Verringerung des Auftretens von an der formgebenden Kante anklebenden Fasern.

#### Beispiel 4

Naturgas wurde in eine Umhüllung eingeleitet, wie sie auch nach Beispiel 3 verwendet wurde, und zwar mit einer Fließgeschwindigkeit von 0,0283 bis 0,0566 m<sup>3</sup>/min (1 bis 2 cfm). Das schmelzflüssige Material war nominal SAE 1024 Stahl mit einer Temperatur von 1521°C (2770°F). Das wärmeableitende Bauteil bestand aus drei aneinander angrenzenden Scheiben mit Durchmessern von 20,8 cm (8 Zoll) und jeweiliger Dicke von 12,7 mm (0,5 Zoll), wobei eine Scheibe aus Kupfer, die andere aus Aluminium und die dritte aus Messing bestand. Jede Scheibe wurde mit Wasser gekühlt und besaß eine V-förmige Kante am Umkreis. Die Scheiben rotierten mit 250 Upm und standen in Berührung mit der Schmelze. An jeder Scheibe entstand ein kontinuierlicher Faden mit dem gleichen Ablösungspunkt am Umkreis bei jeder dieser drei formgebenden Kanten. Die Ablösungspunkte blieben stabil, wobei kein

Fadenanhaften während der Gaseinleitung in die Umhüllung auftrat.

#### Beispiel 5

Die gleiche zusammengesetzte, wärmeableitende Scheibe und das gleiche schmelzflüssige Material wie in Beispiel 4 wurden mit verschiedenen anderen Gasen, die in die Umhüllung eingeleitet wurden, verwendet. Argon mit einer Strömungsgeschwindigkeit von  $0,0142 \text{ m}^3/\text{min}$  (0,5 cfm), Stickstoff mit  $0,0283$  bis  $0,0566 \text{ m}^3/\text{min}$  (1 bis 2 cfm), Acetylen mit  $0,0071 \text{ m}^3/\text{min}$  (0,25 cfm) und Wasserstoff mit  $0,0283$  bis  $0,0566 \text{ m}^3/\text{min}$  (1 bis 2 cfm) führten alle zur verbesserten Beständigkeit bei der Ablösung der gebildeten Fasern gegenüber dem Herstellungsvorgang ohne Verwendung eines Schutzgases, jedoch war keines der Gase in diesem Beispiel gleichermaßen wirksam wie das Naturgas nach Beispiel 4.

#### Beispiel 6

Acetylen wurde durch eine Düse hindurch auf die Stelle gerichtet, an der die Scheibe in die Schmelze eintrat, wie dies in Figur 3 gezeigt ist. In dieser Ausführungsart der Erfindung wurde ein kreisförmiges Polierrad, das aus einem hitzebeständigen Bespannstoff bestand, in entgegengesetzter Richtung zu der Scheibe in Rotation versetzt und mit der Umkreiskante der Scheibe in Berührung gebracht. Der Poliereffekt des Rades erhöhte den Prozentsatz der diskonti-

nuierlichen, spontan von der Scheibe abgelösten Fäden. Das schmelzflüssige Material war nominal SAE 1024-Stahl mit einer Temperatur von  $1566^{\circ}\text{C}$  ( $2850^{\circ}\text{F}$ ).

#### Beispiel 7

Die Anordnung nach Beispiel 6 wurde wiederholt, mit der Ausnahme, daß die Rotationsachse des kreisförmigen Polierrades schräg zu der des rotierenden, wärmeableitenden Bauteils angeordnet wurde, wodurch das Polieren der peripheren Vorwölbung unter einem Winkel erfolgte. Das Auftreten von an dem rotierenden Bauteil anhaftenden Fäden wurde bei diesem Ausführungsbeispiel weiter gegenüber dem nach Beispiel 6 verringert. Dies war vermutlich das Ergebnis des Bespannstoffes des Polierrades, das eine größere Wirkung auf die Oberfläche der peripheren Vorwölbung zwischen den Einkerbungen ausübt, die zur Unterteilung des Fadens in diskrete Längen vorhanden sind.

Die Erfindung wurde sowohl zur Herstellung von diskontinuierlichen als auch von kontinuierlichen metallischen Fäden mit einem effektiven Durchmesser von weniger als 1,5 mm (0,06 Zoll) eingesetzt. Der effektive Durchmesser entspricht dem Durchmesser eines runden Fadens mit der gleichen Querschnittsfläche wie der im Querschnitt nichtrunde Faden, der nach vorliegender Erfindung erzeugt wurde.



24

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von festem, fadenförmigem Material direkt aus schmelzflüssigem Material durch in Berührung Bringen der Oberfläche dieser Schmelze mit zumindest einer peripheren Vorwölbung in Form des äußeren Randes eines rotierenden, wärmeableitenden Bauteils, dadurch gekennzeichnet, daß zu der Stelle (51) , an der die Kante des rotierenden Bauteils(30) in die Oberfläche des schmelzflüssigen Materials (10) eintritt, nichtoxydierendes Gas hingeleitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man das Gas örtlich begrenzt auf die Oberfläche des schmelzflüssigen Materials (10) auftreffen läßt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas durch teilweises Einschließen oder Umhüllen des rotierenden, wärmeableitenden Bauteils (30) und Einleiten des Gases in diesen umhüllten Bereich zu derjenigen Stelle (51) geleitet wird, an der die Kante des rotierenden Bauteils (30) in die Oberfläche der Schmelze (10) eintritt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als nichtoxydierendes Gas ein gegenüber dem schmelzflüssigen Material (10) im wesentlichen inertes Gas verwendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als nichtoxydierendes Gas ein gegenüber der umgebenden Atmosphäre reduzierend wirkendes Gas verwendet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das nichtoxydierende Gas aus den Verbrennungsprodukten gebildet wird, die man bei der Verbrennung eines Gases, wie Methan, Naturgas, Acetylen, gekracktes Ammoniakgas oder aufbereitetes Gas (forming gas), unter Sauerstoffmangel erhält.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das nichtoxydierende Gas aus einem Gasgemisch gebildet wird, das keine oxydierende Wirkung auf das schmelzflüssige Material (10) bei einer Temperatur besitzt, die innerhalb einer Abweichung von 25% von der in  $^{\circ}\text{K}$  gemessenen Schmelztemperatur des schmelzflüssigen Materials (10) unter Gleichgewichtsbedingungen liegt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das nichtoxydierende Gas eine mit Sauerstoffunterschub brennende Flamme ist.
9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das nichtoxydierende Gas außerdem Kohlenstoffpartikel enthält.
10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einleitung des Gases derart erfolgt, daß an der Oberfläche des schmelzflüssigen Materials (10) schwimmendes festes Material von der Stelle weggelenkt wird, an der die Kante des rotierenden Bauteils (30) in die Schmelzenoberfläche eintritt.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das feste Material aus dem Oxid des schmelzflüssigen Materials (10) besteht.
12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das feste Material ein Zuschlag zur Verhinderung der Oxydation des schmelzflüssigen Materials (10) an der Oberfläche ist.

- 4 -  
23

13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als schmelzflüssiges Material (10) ein Metall verwendet wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Metall im wesentlichen Eisen ist.
15. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Metall bei einer Temperatur, die nicht mehr als 25% von der in °K gemessenen Schmelztemperatur unter Gleichgewichtsbedingungen abweicht, gegen Oxydation empfindlich ist.
16. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der äußere Rand (32) des rotierenden Bauteils (30) mit Kerben (33) versehen ist und daß diskontinuierliche Fäden ausgebildet werden, deren Länge ungefähr dem Abstand zwischen den Kerben entspricht.
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der äußere Rand (32) im Anschluß an die spontane Ablösung der diskontinuierlichen Fäden abgestreift oder poliert wird.



18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der äußere Rand (32) des Bauteils (30) mit Hilfe eines schräg zu der Bewegungsrichtung dieses Randes (32) bewegten Körpers oder Materials (60) poliert wird.
19. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß das schmelzflüssige Material (10) im wesentlichen aus Eisen besteht und eine Temperatur aufweist, die weniger als  $222^{\circ}\text{C}$  ( $400^{\circ}\text{F}$ ) über der unter Gleichgewichtsbedingungen gegebenen Schmelztemperatur dieses Materials liegt.
20. Verfahren nach Anspruch 1 - 19, dadurch gekennzeichnet, daß durch Abdecken des schmelzflüssigen Materials (10) mit einem Körper (22), der Sauerstoff von der Atmosphäre im Bereich dieser Abdeckung fernhält, eine nichtoxydierende Atmosphäre in der Nähe derjenigen Stelle (51) aufrechterhalten wird, an der der Rand (32) des rotierenden Bauteils (30) in die Oberfläche der Schmelze (10) eintritt.
21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdeckung (22) soweit erhitzt wird, daß sie Sauerstoff absorbiert.

23

22. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdeckung (22) zumindest teilweise aus festem Kohlenstoff besteht.
23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdeckung (22) im wesentlichen aus Graphit besteht.
24. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß das rotierende Bauteil (30) zumindest teilweise mit einer Umhüllung versehen und ein Gas in diese Umhüllung (45) geleitet wird.
25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß das in den umhüllten Bereich eingeleitete Gas im wesentlichen sowohl gegenüber dem Metall in seinem schmelzflüssigen Zustand als auch gegenüber der Graphitabdeckung bei der erhöhten Betriebstemperatur dieser Abdeckung inert ist.
26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Graphitabdeckung durch Strahlungsenergie von dem in der Nähe befindlichen schmelzflüssigen Material (10) und außerdem durch die Koppelung mit dem Induktions-Heizsystem erhitzt wird, das zur Erhitzung des schmelzflüssigen Materials (10) verwendet wird.

30

27. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß das nichtoxydierende Gas in den Bereich zwischen der Abdeckung (22) und der Oberfläche des schmelzflüssigen Materials (10) einge-  
leitet wird.

34  
Leerseite



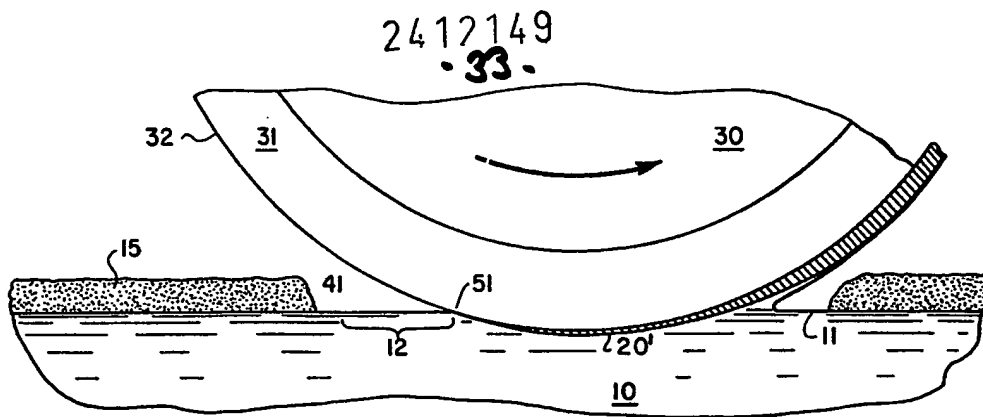


Fig. 1

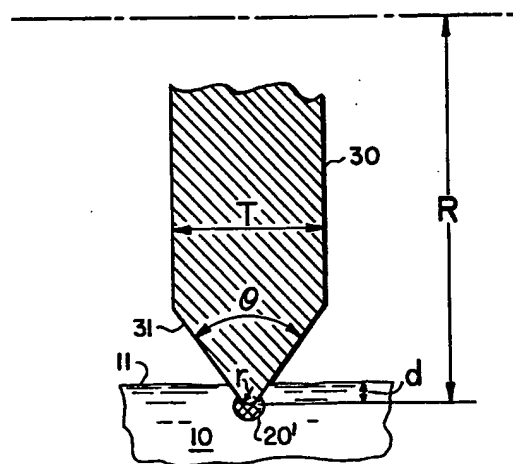


Fig. 2

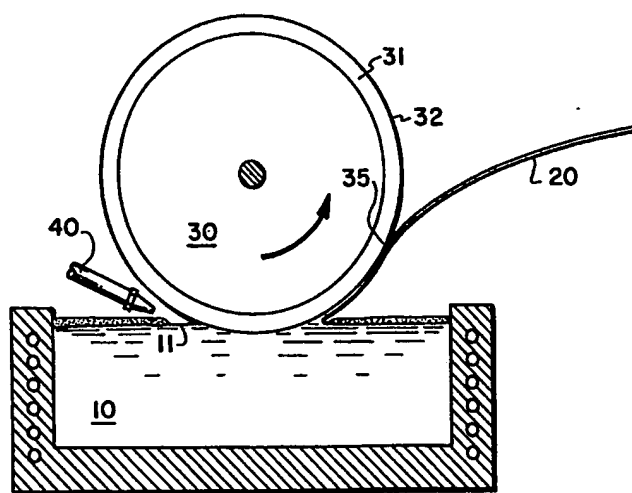


Fig. 3

Fig. 4

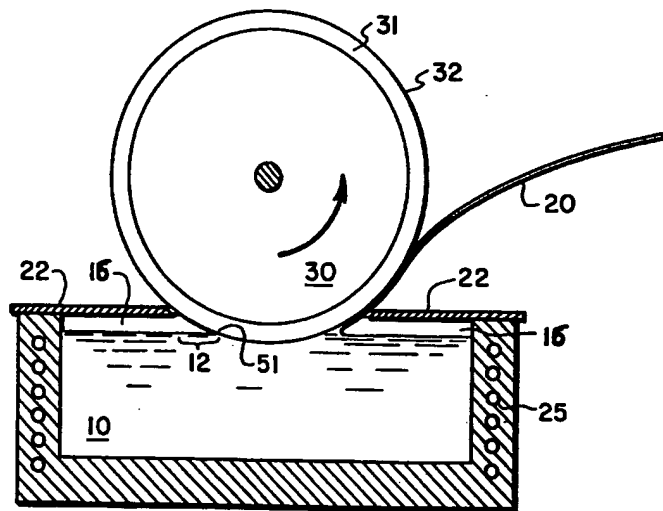
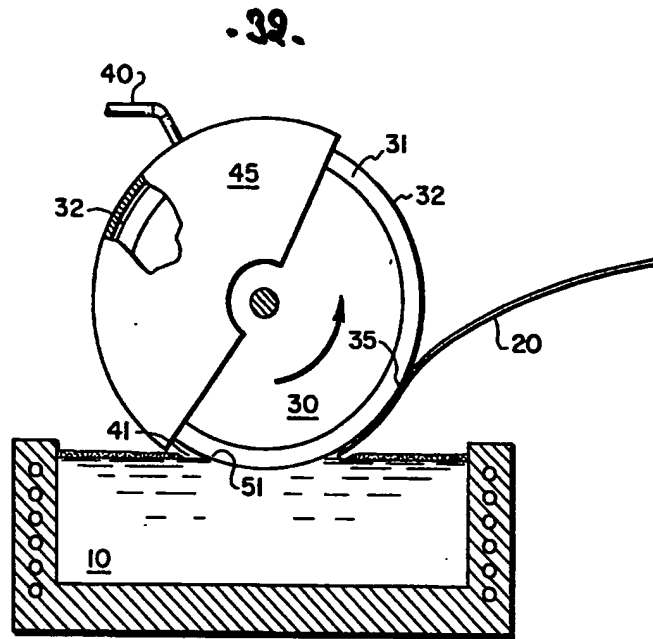


Fig. 5

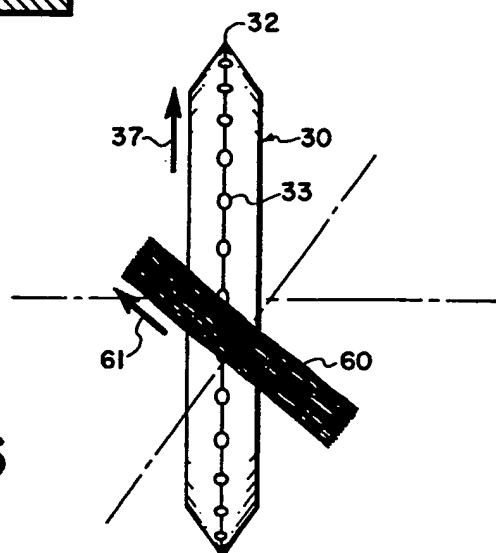


Fig. 6